JQA MiX Magazine

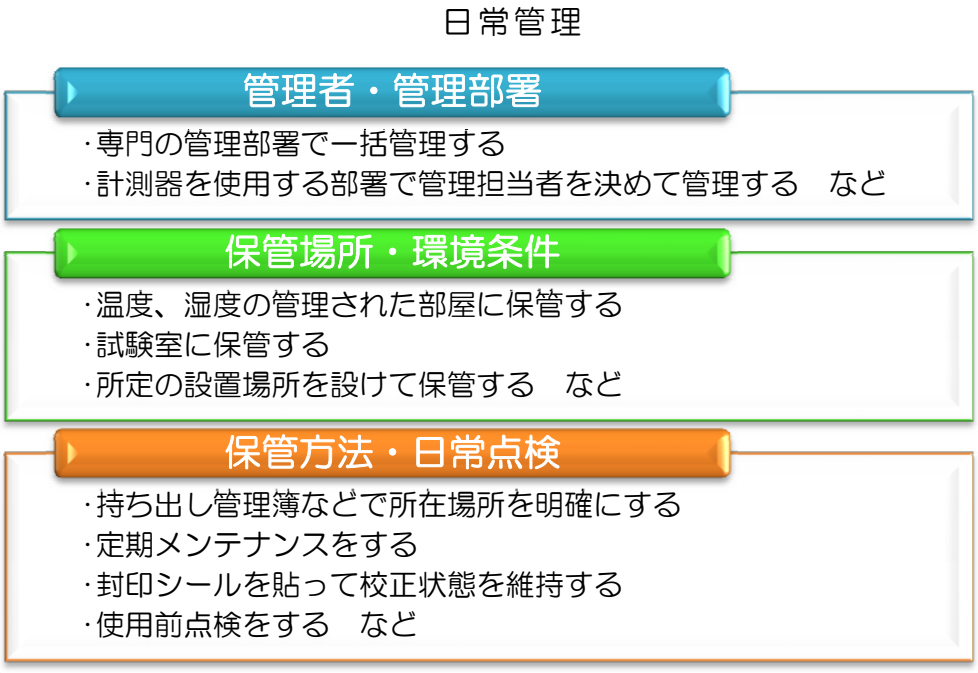
No.5　計測器管理システムの構築４

2014 年 12 月

一般財団法人 日本品質保証機構

1. 計測器の日常管理

計測器は定期的な校正や検証を行うことによって、その品質が保証されますが、その間は校正状態を維持できるような管理方法を採用しなければなりません。そして、場合によっては校正状態が維持されていることを確認するための使用前点検などが必要となります。



1.1. 取り扱い・保管

計測器の校正状態を維持するために必要な取扱方法、保管条件があれば、これを明確にします。

基本的には取扱説明書に記載された注意事項を遵守し、直射日光の当たる場所を避け、保管温度、湿度、塵埃、振動・衝撃などに配慮します。

計測器によっては、常に電源を入れておく、あるいは定期的に使用することで性能が維持されるものもあります。社内標準として使用せず大切に保管していて、計測器の外見は新品同様に維持しているが、いざ使用しようとした時に電源を入れても動作しないなどという話を聞くことがあります。計測器を使用したい時に使用できる状態に維持することが計測器を保管するということです。

また、場合によっては、環境状態が保たれていることを確認するための手順を定めておくことも必要です。

例えば、温度および湿度を一定に維持して保管することが必要な場合には、自記式温湿度計を使用して24時間連続して温度と湿度の記録をとって監視すれば、規定された保管条件が維持されていることの証拠となります。

【図 1.1 環境状態の確認】

使用者が特定されている計測器の場合は、その使用者以外の者によって意図しない使用をされることのないように保管するか、使用者が特定されていることを計測器などに表示します。建物や特定の場所への立ち入りを制限することや、保管場所を施錠することも有効な手段です。

通常の保管場所から計測器を移動する必要がある場合は、その取り扱

いの手順を定めます。例えば、機器の持ち出し管理簿などを使用して計測器の現在の所在を明確にします。

計測器がその管理下から離れた場合は、その計測器が戻ってきた時、離れる前の機能と校正状態が保たれていることを確認します。

表 1.1 計測器の保管

必要な管理	処 置 例
温度、湿度、粉塵などの環境	・ 温度、湿度の管理された保管室を用意 ・ クリーンルームに保管
使用者を限定	・ 保管室に施錠 ・ 機器に使用者名を明記 ・ 設置場所への立ち入りを制限
計測器の移動	・ 保管室から持ち出す時、管理者の許可を得る ・ 機器を外部機関へ校正に出す場合、出す前と戻ってきた後で異常がないことを確認

計測器の保管方法を厳格にすればするほど作業効率が低下することになりますので、作業効率と予測できるリスクを考慮して保管する手順を定めます。

1.2. 校正状態の保護

計測器を校正または検証してから次回の校正までの間、校正した状態が維持できるように対策を立てます。

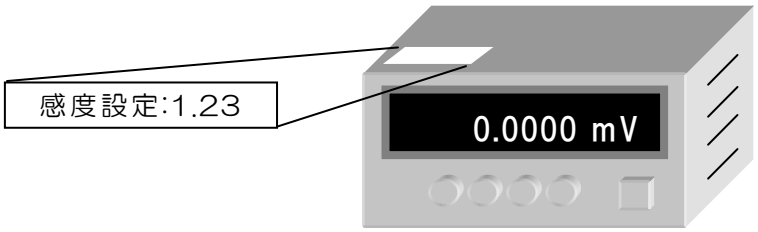
計測器によっては、調整用のつまみがついていたり、測定値に関わる設定値を変更できるようにプログラミングされたソフトウェアを備えていたりしますが、誤ってソフトウェアを操作し、内部設定値を変更してしまうということがないように必要に応じて保護の処置をとります。

校正状態を維持させるための保護策には次のような方法があります。

- ★ 調整可能な部分を封印する
- ★ 封印シールをはがさないとケースを開けられないようにする
- ★ 調整つまみをペイントロックなどで固定する
- ★ アクセスパスワードを設定する
- ★ 設定値を明記する
- ★ 注意書きをする
- ★ 施錠する

封印シールなどが剥離した場合は、その状況に応じて調整、校正または点検をして、校正状態が維持されていることを確認します。メンテナンス業者などが調整のために封印を解く場合は、調整前にその状態を検証・記録し、調整後に再度検証・記録した後、再封印します。

容易に調整できない構造となっている計測器や意図しない設定変更がされない状態であれば、必ずしも特別な対策を講ずる必要はありません。



【図 1.2 設定値の明記】

1.3. 使用前点検

この点検は使用前に、あるいは必要が生じた場合に、校正状態が維持されていることを確認する目的で行うもので、定期的に実施する校正や中間チェックとは異なります。

使用前点検は簡単であることが望ましいことから、点検で使用する標準器は、精度が高く操作が難しい社内標準などの上位標準器ではなく使用前点検専用の計測器などが用いられることが多いようです。

使用前点検の項目は、外観や基本的な動作確認とともに、特性の分かっている点検用計測器などを用いて、点検する計測器の能力が管理基準の範囲内であることを確認するなどの方法をとります。

表 1.3-1 使用前点検の例

計測器	点検に使用する機器など
定規、ノギス、マイクロメータ	ブロックゲージ
はかり、天秤	分銅
電圧計、抵抗計	キャリブレータ、抵抗
力計測器、一軸試験機	分銅、力計
サウンドレベルメータ	音響校正器
振動計、振動ピックアップ	校正用加振器

製品の合否判定を行う自動判別装置などを使用前点検する場合は、規格品（合格品）と規格外品（不合格品）の2つの標準サンプルを用意し、合格品が合格するか、不合格品が不合格になるかどうかを確認することも有効な手段です。

ここで忘れてはならないことは、点検用計測器も管理の対象となる計測器の一つであるということです。

使用前点検の合否判定は、点検用計測器の持つ能力と校正の不確かさなどを考慮して設定し、この設定値を超えた場合は測定を中止して原因

究明をします。

一例として、外側マイクロメータ(0～25mm)を使用して長さ測定をする際の使用前点検記録を示します。この使用前点検には、点検用標準としてブロックゲージ(25 mm)を使用します。

表 1.3-2 外側マイクロメータ 使用前点検記録例

年月日		2006/12/6	2006/12/7	2006/12/8		
点検者		計量太郎	品質二郎	計量太郎		
環境条件 (室温、湿度)		20.2 ℃ 55 %	20.1 ℃ 55 %	20.2 ℃ 55 %		
点検	測定面の損傷 (有・無)	無	無	無		
	スピンドルやラチェットの動作確認 (良・不良)	良	良	良		
	基点の点検 (良・不良)	良	良	良		
	器差[μm] 点検位置:25 mm (±4 μm 以内)	0	0	+1		
合否判定		合	合	合		
特記事項						

2. 校正周期の決定1

2.1. 損失関数について

企業における計測管理の目的は、第一に生産性の向上が挙げられます。生産性の向上とは、製品の品質を向上させ、かつそれにかかるコストを低減させるということです。

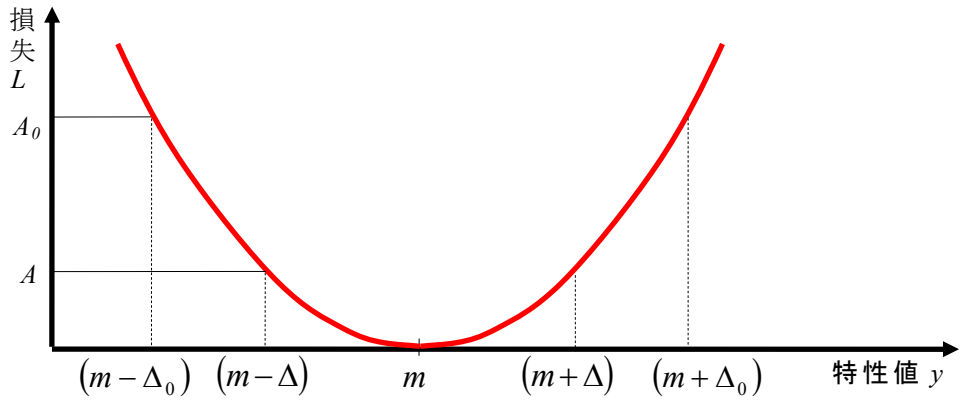
品質工学では、品質の良し悪しを定量化するのに「損失関数」という考え方を用います。製品特性の目標値をmとし、実際の値をyとすると、目標値からのズレは$(y\text{-}m)$となります。このときの製品 1 個あたりの損失の大きさを L とし、次式で表します。

$$L = k(y-m)^2 \quad \text{(E1)}$$

ここでkは比例定数で、この値は製品の特性値 y がある値をとったときの損失が分かれば決定されます。例えば製品の機能限界 Δ_0 となったときの損失 A_0 や、許容差 Δ となったときの損失 A から次式のように求めます。

$$k = \frac{A_0}{\Delta_0{}^2} = \frac{A}{\Delta^2} \quad \text{(E2)}$$

この損失関数をグラフにすると【図 2.1-1】のようになります。



【図 2.1-1 損失関数】

つまり、この考え方によると、製品が許容値以内で作られていたとしても、その目標値からのズレがあれば損失が発生してしまい、損失の大きさはズレの二乗に比例するということです。

これは、製品が許容値以内であれば合格であり、損失はないとする考え方とはまったく異なります。

例）

ある製品の外形寸法とその許容差が100.00 mm±0.02 mmと決められています。許容差を超えると製品を破棄し、そのことによる損失は製品 1 個当たり500 円としますと、

Δ = 0.02 mm

A = 500 円/個

となります。

実際の製品を測定したところ、外径寸法 y は 100.01 mm でした。

このとき、製品 1 個あたりの損失 L は

$$L = k(y-m)^2 = \frac{500}{0.02^2}\cdot(100.01-100.00)^2 = 125 \quad [円/個]$$

となります。

また、式(E1)において$(y\text{-}m)^2$は個々の製品の特性値の目標値 m からの偏差の二乗ですが、製造された製品の集団について考える場合には、目標値からの偏差の二乗平均、すなわち、分散 σ^2 が用いられ、損失関数は以下のようになります。

$$L = k\cdot\sigma^2 = \frac{A}{\Delta^2}\sigma^2 \qquad (E3)$$

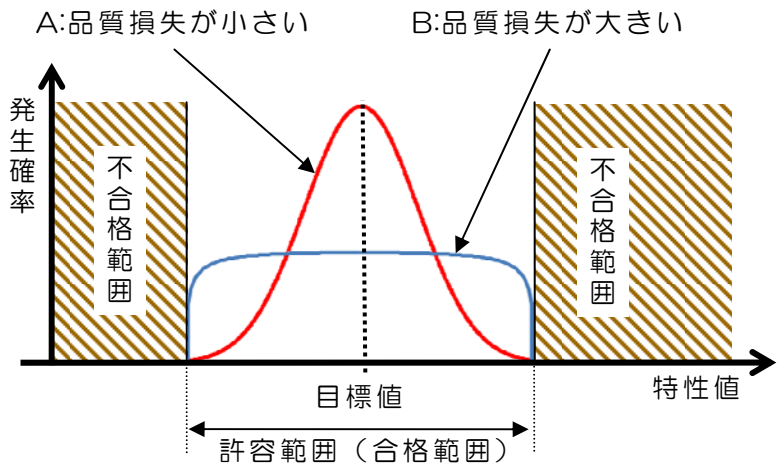
この L を品質損失といいます。

【図 2.1-2】はある製品を製造したときの特性値の分布を表した例です。

A は目標値に近づけるように工程管理（オンライン計測管理など）をした場合であり、その特性分布は目標値付近に集積しています。

一方 B は工程のばらつきを制御しないで、製品特性値をチェックして許容範囲を外れたものを除くという管理を行った場合で、許容差内でほぼ一様（均一）に分布しています。

許容範囲以内かどうかだけで考えると、どちらの分布であっても問題ないのですが、損失関数を考慮すると、同じ許容値以内の製品を作っていても、その特性値の分布が異なり、品質損失の大きさに違いがあります。



【図 2.1-2　製品特性値と発生確率】

この品質損失の原因には 2 つのばらつきが含まれています。それは「工程のばらつき」と「測定のばらつき」です。

「工程のばらつき」は工程能力とも呼ばれ、生産工程の不完全さに基づくものです。

一方、「測定のばらつき」は工程を管理するときに行う測定の不確かさに基づくものです。たとえ生産工程が完全であっても測定結果にばらつきがあれば、それが製品のばらつきになって現れてしまいます。

例）

前例同様、製品の外径寸法と許容差が 100.00 mm±0.02 mm、許容差を超えたことによる損失が製品 1 個当たり 500 円とします。

この製品の測定に A 社と B 社のダイヤルゲージを使用したところ、A 社のダイヤルゲージで測定した際の誤差分散 σ_A^2 が$(0.010\ \text{mm})^2$、B 社のダイヤルゲージで測定した際の誤差分散 σ_B^2 が$(0.006\ \text{mm})^2$ でした。

計測誤差による製品 1 個あたりの損失 L_A および L_B は

（A 社）　$L_A = k \cdot \sigma_A^{\,2} = \dfrac{500}{0.02^2} \cdot (0.010)^2 = 125$　［円/個］

（B 社）　$L_B = k \cdot \sigma_B^{\,2} = \dfrac{500}{0.02^2} \cdot (0.006)^2 = 45$　［円/個］

となり、両者の差は製品 1 個当たり

$125 - 45 = 80$　［円/個］

となります。

もしこれらのダイヤルゲージを用いて 1 年間に 1 万個の製品を測定しているとすると、その差は

$80 \times 10{,}000 = 800{,}000$　［円/年］

になります。

次に品質損失を小さくするためのコストについて考えます。

製品の特性値は、工程および測定のばらつきがあり、このばらつきを小さくすることが損失を小さくすることにつながります。ばらつきを小さくするためにはそれ相応のコストがかかります。

ばらつきをある範囲内 σ^2 にするためのコストが製品 1 個当たり b 円であるとすれば、製品 1 個当たりの品質損失とコストの和である総損失 L_T は次式のようになります。

$$L_T = \frac{A}{\Delta^2}\sigma^2 + b \qquad \text{(E4)}$$

つまり計測管理の目的である生産性の向上を達成するためには、この

総損失 L_T が最も小さくなるように品質(製品のばらつき)とそれを実現するためのコストのバランスをとることが必要なのです。

2.2. 校正周期の決定方法(参考 JIS Z 9090:1991)

計測器の校正にかかるコストを B 円とし、その計測器を製品 n_0 個の測定ごとに校正するのであれば、製品 1 個あたりの校正コストは以下のようになります。

$$\text{校正コスト} = \frac{B}{n_0} \quad [\text{円/個}] \quad (E5)$$

計測器を校正して修正が必要になった場合、その修正にかかるコストを C 円とすると、製品 u_0 個の測定ごとに修正しているのであれば、製品 1 個あたりの修正コストは以下のようになります。

$$\text{修正コスト} = \frac{C}{u_0} \quad [\text{円/個}] \quad (E6)$$

一方、測定のばらつきによる損失は式(E3)で表すことができます。

計測器を校正して、校正結果が修正限界 D_0 内にある場合、ばらつきは修正限界に一様に分布していると考えられるため、分散は $D_0^2/3$ となり、損失は以下のようになります。

$$\text{修正限界内の測定のばらつきによる損失} = \frac{A}{\Delta^2} \cdot \frac{D_0^{\,2}}{3} \quad (E7)$$

また、計測器の校正結果が修正限界外の場合、ばらつきは D_0 より大きいのですが、校正周期が適切であれば、ほぼ D_0 とみなすことができます。前回の校正で修正限界内にあり、今回の校正で修正限界外になったとすれば、修正限界外の計測器で測定した製品の個数は平均をとって $n_0/2$ と考えることができ、修正間隔の製品 1 個あたりの損失は以下のようになります。

$$\text{修正限界外の測定のばらつきによる損失} = \frac{A}{\Delta^2} \cdot \frac{n_0}{2} \cdot \frac{D_0^{\,2}}{u_0} \quad (E8)$$

以上より、校正による総損失 L は

$$L = \frac{B}{n_0} + \frac{C}{u_0} + \frac{A}{\Delta^2}\left(\frac{{D_0}^2}{3} + \frac{n_0}{2}\cdot\frac{{D_0}^2}{u_0}\right) \qquad \text{(E9)}$$

となり、この損失を最小にするように校正周期および修正限界を決定すれば良いわけです。

例）

ある工場で乾電池を生産しています。

乾電池が規格の通りにできているか、直流電圧計を使用して電圧測定をすると考えると、この直流電圧計は校正されていなければなりません。この直流電圧計の校正周期を手順に基づいて求めることにします。

乾電池の規格では、電圧が±5 %(=Δ)の許容差に入らなければならず、許容差を超えてしまうと廃棄処分となります。この時、廃棄処分費がかかることになり、1 個あたり 100 円(=A)です。これを不合格損失と呼びます。

現在の校正周期が 1 年(12 ヶ月)で、月産 5,000 個とすると、測定に使用する直流電圧計は、60,000 個(=n_0)ごとに校正していることになります。校正は外部に依頼しており、その校正のコストは 100,000 円(=B)とします。

現在決められている直流電圧計の調整の限界は±1 %(=D_0)で、3 年に 1 回定期的に調整すると決めています。生産個数で表すと 5,000[個]×36[ヶ月]=180,000[個](=u_0)となります。

また、調整はメーカで行われ、その費用は 150,000 円(=C)です。

最適な校正の間隔 n 個は、以下の式により求められます。

$$n = \sqrt{\frac{2u_0B}{A}} \times \frac{\Delta}{D_0} = \sqrt{\frac{2\times180000\times100000}{100}} \times \frac{5}{1} = 94868 \ \text{[個]}$$

月産 5,000 個なので 18.97 ヶ月が得られます。これは、現在の校正周期 12 ヶ月を上回っており妥当と考えられます。

効率を考えるのであれば、校正の間隔を 18 ヶ月まで延ばすことが可能です。

また、最適な調整の限界 D %及び最適な調整の間隔 u 個は、以下の式により求められます。

$$D=\left(\frac{3C}{A}\times\frac{{D_0}^2}{u_0}\times\Delta^2\right)^{\frac{1}{4}}=\left(\frac{3\times150000}{100}\times\frac{1^2}{180000}\times5^2\right)^{\frac{1}{4}}=0.8891\quad[\%]$$

これは、現在の 1 %を下回っており、見直しが必要ということになります。ここでは、管理上中途半端な数値を嫌いますので、0.8 %とすると、

$$u=\frac{D^2}{{D_0}^2}u_0=\frac{0.8^2}{1^2}\times180000=115200\quad[個]$$

となりました。

月産 5,000 個なので、23.04 ヶ月が得られます。これも、現在の 36 ヶ月を下回っていますので、見直しが必要ということになります。

JQA MiX Magazine 第 5 号

2014 年 12 月

作成　一般財団法人 日本品質保証機構 計量計測部門

〒157-8573 東京都世田谷区砧 1-21-25

お問合せ先 inquiry-calibration@jqa.jp